



XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Avanços no desempenho das construções – pesquisa, inovação e capacitação profissional

12, 13 E 14 DE NOVEMBRO DE 2014 | MACEIÓ | AL

DESARROLLO TECNOLÓGICO DE TABLEROS AGLOMERADOS UTILIZANDO PLÁSTICOS RECICLADOS

Gaggino, Rosana (1); Kreiker, Jerónimo (1); Mattioli, Denise (1); Argüello, Ricardo (1)

(1) Centro Experimental de Vivienda Económica - AVE - CONICET, e-mail:
nuevosmateriales@ceve.org.ar

RESUMO

Este trabajo expone los resultados de nuestro trabajo de investigación sobre las propiedades de tableros resistentes al agua fabricados con plásticos reciclados, para construcción y mobiliario. El proyecto persiguió los objetivos de desarrollar una tecnología constructiva sustentable desde los puntos de vista ecológico, técnico y económico para aportar soluciones a la problemática habitacional. Bajo este marco contextual, los productos desarrollados en esta investigación fueron componentes para la construcción de viviendas y para equipamiento, tales como paneles y revestimientos para muros, y tablas y tableros para mobiliario. Los mismos se fabricaron reciclando diversos tipos de materiales plásticos, y se utilizó como ligante resina poliéster, que tiene mayor adhesividad con las partículas plásticas que las otras resinas existentes en el mercado, y además es resistente al agua. El método experimental para su elaboración fue de tipo exploratorio, ensayando diferentes dosajes de materiales y procedimientos de fabricación hasta obtener una formulación final con ventajas comparativas, y realizando ensayos normalizados para evaluar el desempeño técnico del material. Finalmente se fabricó un prototipo de mueble para explorar aspectos sobre la trabajabilidad del material.

Palabras claves: residuos plásticos, materiales innovadores, vivienda social.

ABSTRACT

This paper presents the results of an investigation about the development of water-resistant panels with recycled plastics, for construction and furnishings. The project pursued the goals of developing sustainable building technology from the ecological, technical and economic standpoints to provide solutions to the housing problem. Under this context, the products developed under this research were components for the construction of houses and equipment, such as panels and cladding for walls and tables and boards for furniture. They are produced by recycling various kinds of plastics. Polyester resin has been used as a binder which has greater adhesion to the plastic particles than other resins existing on the market, and is waterproof. The experimental method for its preparation was exploratory, testing different dosages of materials and manufacturing processes to reach a final formulation with comparative advantage, and testing the material according standard norms to determine technical behavior. Finally, we made a prototype of basin furniture to explore about the workability of material.

Keywords: Plastic wastes, innovative materials, social housing

1 INTRODUCCIÓN

Este trabajo expone los resultados de un trabajo de I+D llevado a cabo en el Centro Experimental de la Vivienda Económica de Córdoba -CEVE- dependiente del Consejo

Nacional de Investigaciones Científicas de la Argentina -CONICET- sobre la elaboración de tableros resistentes al agua elaborados con plásticos reciclados, para construcción y mobiliario. La misma puede ser considerada una tecnología constructiva que responde a los parámetros de la sustentabilidad ya que propone reutilizar y reciclar materiales plásticos en desuso, contaminantes y de muy lenta degradación. Partiendo de reconocer el acelerado proceso de degradación ambiental y social que padecen las ciudades actualmente, el proyecto tuvo como objetivo brindar un aporte a la solución de dos problemáticas complejas como son la problemática ambiental y en aportar alternativas constructivas viables para contribuir a reducir el déficit habitacional de nuestro país.

Los tableros desarrollados se fabrican con materiales plásticos (embalajes de alimentos, artículos de perfumería o limpieza, etc.), que provienen de plantas fabriles y son desechados por fallas de espesor o entintado de las láminas. Estos residuos son enterrados en predios municipales, sin utilidad alguna o acumulados y quemados en basurales, produciendo degradación del entorno.

En los últimos 50 años, los niveles crecientes de consumo, debido al aumento obvio y esperable de la población y al cambio de los esquemas de manufactura, han potenciado la problemática del manejo de los residuos, aumentando los efectos contaminantes en el suelo, el agua y el aire y llevado a situaciones extremas las áreas de disposición final, sean éstas rellenos sanitarios controlados o simples vertederos o basurales a cielo abierto (SEOANEZ CALVO, 2000). La falta de aplicación de políticas para el tratamiento de residuos sólidos urbanos resulta una problemática de difícil manejo para las ciudades argentinas.

"En Argentina se genera un total de 14.094.110 ton de residuos por año (DEIVA Leila, 2013) ".

Se recicla alrededor de un 10 % de esta cantidad, porcentaje que varía según las provincias.

Los materiales plásticos que se utilizan en este trabajo se caracterizan por su ligereza, su resistencia a la intemperie y a muchos productos químicos. Pero estas cualidades que los hacen útiles se convierten, al finalizar su uso y transformarse en residuos, en desventajas desde el punto de vista ambiental. Son materiales de escasa o nula bio-degradabilidad, por lo que la naturaleza no puede absorberlos como a otros residuos.

Las bolsas de polietileno de baja densidad (LDPE) se transforman recién a los 150 años en contacto con los agentes naturales, (PROGRAMA MEXICO LIMPIO, 2004) Aproximadamente el 50 % en peso de los desechos es prácticamente no bio-degradable, correspondiendo a los plásticos el 13,3 % del total (en peso), en la República Argentina. Esto equivale al 30 % del total en volumen (CEAMSE PERIODICOS, 2011).

Dentro de la industria de la construcción se pueden insertar componentes con plástico reciclado, tanto por la gran escala de inserción como por la diversidad de usos y aplicaciones que se pueden proponer.

Los paneles elaborados con plásticos reciclados por termo-moldeo han sido intensamente estudiados en los últimos años, si bien no hay muchos trabajos de investigación científica sobre las propiedades de los mismos. Hay muchos ejemplos de emprendimientos comerciales enfocados en el aprovechamiento del residuo, que se puede consultar en las páginas web de los fabricantes de los productos (<http://www.dogma.org.uk>; <http://www.ecosheet-agri.com.uk>) y Polipropileno (PP) (<http://www.plaspanel.com.au>; <http://www.kedel.co.uk>). También existen muchos antecedentes sobre el desarrollo de paneles de plásticos reciclados y residuos ligno-

celulósicos (madera plástica) descritos por varios autores (WANG, WONG, KODUR, 2007; NORUBAKHSH, KAREGARFARD, ASHORI, 2010; HAFTKHANI, EBRAHIMI, TAJVIDI, LAYEGHI, 2011) tal es el caso del uso de Polietileno de baja densidad -PEBD (ADHICARY, POGN, STAIGHER, 2008; YAO, WU, LEI, XU, 2008), Polipropileno -PP (KAKROODI, LEDUC, GONZALES NUÑEZ, RODRIGUEZ, 2012), y otros (ASHORI, NOURBAKSH, 2008; CUI, LEE, NORUZIAAN, CHUNG, TAO, 2008). En trabajos previos investigamos la producción de paneles utilizando residuos de procesos industriales, principalmente envoltorios constituidos mayoritariamente por una mezcla heterogénea de Polietileno de baja densidad (PEBD), Polipropileno biorientado (PPBO) y Cloruro de polivinilo (PVC). Hay una disponibilidad de este desecho de producción local de aproximadamente 200 toneladas mensuales. Si bien este material tiene la ventaja de estar limpio y no necesita acondicionamiento de lavado, presenta como principales desventajas la variabilidad en su composición porcentual y la presencia de tinta superficial o polvo de aluminio, que no lo hace apto para su reutilización mediante fusión-extrusión o reciclaje químico. En este trabajo de investigación se propone una tecnología constructiva sustentable, basada en el aprovechamiento y reutilización de residuos plásticos para colaborar en la descontaminación del medio ambiente, desde un abordaje integral de la problemática de los residuos.

1 MÉTODOS

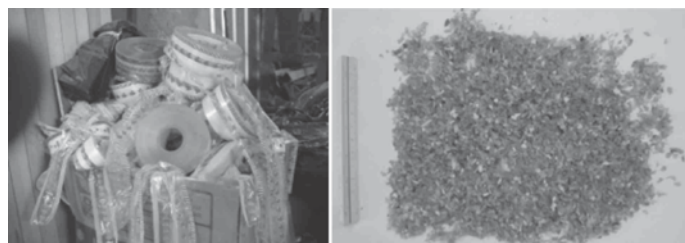
La investigación fue realizada utilizando Metodología Exploratoria (SABINO, 1996). El trabajo consistió en el desarrollo tecnológico de componentes hasta obtener una formulación con ventajas técnicas comparativas.

Materiales:

Residuos: se utilizaron residuos provenientes de envoltorios de golosinas y otros productos alimenticios de una empresa de golosinas de la provincia de Córdoba, Argentina. Se componen principalmente de una mezcla heterogénea de PEBD, PPBO y PVC, pigmentos y aluminio, en estado limpio y sin determinar composición porcentual. El material fue triturado con un molino especial para materiales plásticos con un motor de 10 hp de tres fases, marca Hengnuo.

Ligante: se utilizó resina poliéster náutica, más conocida en el mercado como resina Polial 340. Se usó octoato de cobalto al 2,5 % como acelerante y el catalizador utilizado fue monómero de estireno, perly-ox-101 (peróxido de metiletil cetona).

Figura 1- Desechos plásticos recibidos y material triturado.



Procedimiento de fabricación:

Se evaluaron cuatro tipos de paneles, variando la dosificación de los materiales. Se prepararon 6 tableros de cada formulación para cada tipo de ensayo.

El procedimiento general utilizado para hacer las muestras fue el siguiente: el plástico fue triturado en un molino especial hasta obtener partículas con una longitud máxima de 3 mm, módulo de finura: 4,25. Las cantidades de resina poliéster y acelerador se midieron de acuerdo a las dosificaciones establecidas. A continuación, se colocaron en un recipiente de plástico y se mezclaron. Se añadió el catalizador y se mezcló de nuevo. Se colocaron las partículas de plástico en un mezclador horizontal, y se impregnaron con esta mezcla utilizando una pistola de pulverización. Durante la impregnación, el material se mezcló constantemente. Luego el material impregnado fue transferido a un molde de 46,0 cm de largo, 26,0 cm de ancho, y 10,0 cm de altura. La mezcla se prensó a una presión de 40 t utilizando una prensa hidráulica durante 24 h. Posteriormente, el molde fue retirado y se obtuvo un panel con las siguientes dimensiones: 46,0 cm de largo x 26,0 cm de ancho x 18 mm de espesor (Figura 2). Las probetas para los ensayos fueron cortadas y mecanizadas a partir de este panel.

Figura 2- Prensa para compactar la mezcla y panel terminado.



Ensayos:

Las características técnicas de estos paneles se establecieron mediante ensayos normalizados, analizando en todos los casos 6 probetas por cada formulación. Ensayos realizados: densidad, resistencia a la flexión perpendicular a las fibras (Figura 3), resistencia a la tracción perpendicular a las fibras (Figura 4), absorción de agua e hinchamiento por inmersión en agua.

Figura 3- Ensayo de resistencia a la flexión perpendicular a las fibras.

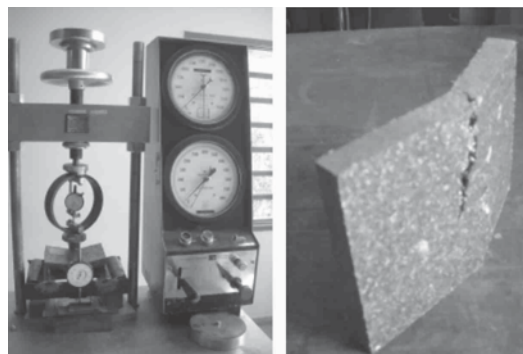
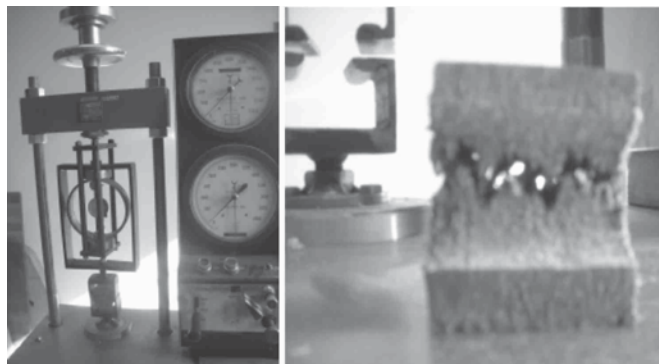


Figura 4- Ensayo de resistencia a la tracción perpendicular a las fibras.



Después de estos primeros ensayos, se seleccionó la formulación más ventajosa.

La formulación final en porcentaje de peso fue de: residuo plástico 65,83%, resina poliéster 32,71%, acelerador 0,97%, catalizador 0,49%.

Esta formulación tiene el menor porcentaje de absorción de agua, el valor más alto de resistencia a la flexión perpendicular a las fibras, e hinchamiento nulo por inmersión en agua.

Finalmente, se completó su estudio mediante la realización de otros ensayos: resistencia a la tracción paralela a las fibras, resistencia al corte perpendicular a las fibras (Figura 5), resistencia al corte paralelo a las fibras, resistencia a la compresión perpendicular a las fibras (Figura 6), resistencia a la compresión paralela a las fibras, módulo de elasticidad paralelo a las fibras, resistencia al envejecimiento (Figura 7), aislación acústica y resistencia al fuego.

Figura 5- Ensayo de resistencia al corte perpendicular a las fibras.

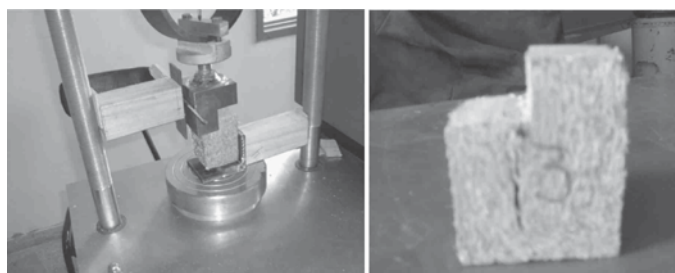


Figura 6- Ensayo de resistencia a la compresión perpendicular a las fibras.

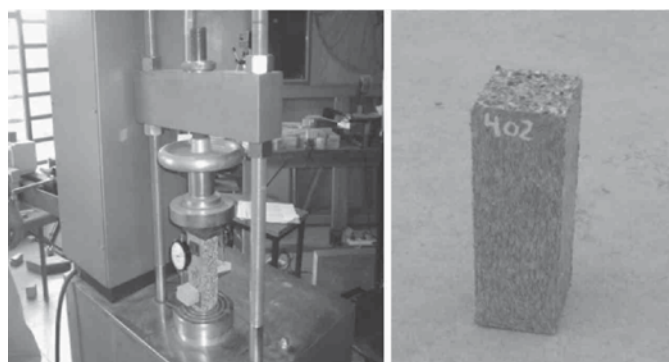
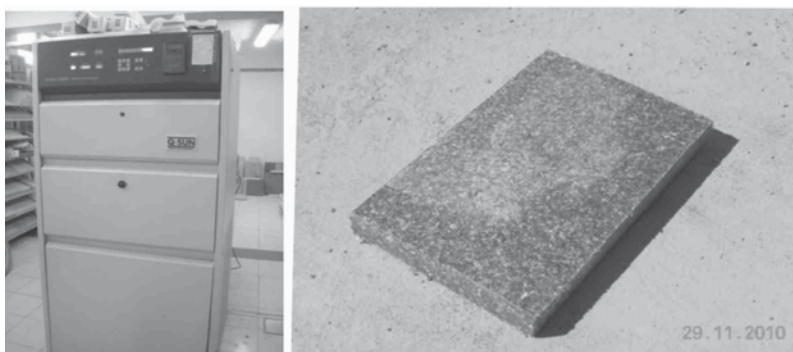


Figura 7- Ensayo de envejecimiento.



2 RESULTADOS

Los resultados de los ensayos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1- Propiedades técnicas de los paneles.

PROPIEDAD	VALOR	UNIDAD	NORMAS SEGUIDAS
Densidad	1221,30	kg/m ³	IRAM 11561
Absorción de agua (en porcentaje) bajo inmersión 24 hs.	0,46	%	IRAM 12528
Hinchamiento (%) bajo inmersión en agua por 24 hs.	0,00	%	DIN 68761
Resistencia a la flexión perpendicular a las fibras	7,53	kg/cm ²	NBR 7190
Resistencia a la tracción paralela a las fibras	25,39	kg/cm ²	NBR 7190
Resistencia a la tracción perp. a las fibras	1,31	kg/cm ²	NBR 7190
Resistencia a la compresión paralela a las fibras	50,43	kg/cm ²	NBR 7190
Resistencia a la compresión perp. a las fibras	91,24	kg/cm ²	NBR 7190
Resistencia al corte paralelo a las fibras	25,39	kg/cm ²	NBR 7190
Resistencia al corte perpendicular a las fibras	18,71	kg/cm ²	NBR 7190
Módulo de elasticidad paralelo a las fibras	8461,80	kg/cm ²	NBR 7190
Resistencia al envejecimiento (rayos UV y humedad)	No resistente		ISO 9933
Resistencia al choque duro	Resistente		IRAM 11595
Resistencia al fuego	Clase RE 4		Iram 11910-3:1994
Resistencia al desgaste	0,38	mm	Iram 1522
Aislación acústica	33	db	Iram 4063
Conductividad Térmica	0,19	W/mK	ISO 8301, ASTM C518 e Iram 1860

También se realizó un estudio comparativo entre las propiedades de estos paneles desarrollados en AVE - CEVE con las de otros paneles convencionales elaborados con virutas de madera que se consiguen en comercios locales (Gráficos 1-4).

Los paneles comparados fueron los siguientes:

1. Panel con resina y plástico reciclado desarrollado en AVE-CEVE: Es el resultado de esta investigación. Está compuesto por residuos plásticos y resina poliéster, siguiendo el procedimiento descrito en el método experimental.
2. Tablero de aglomerado de madera sin revestimientos: Las partículas de madera de esta placa están ligadas con resina ureica. Se utiliza en el recubrimiento de muros y pisos que no están expuestos a la humedad, así como en instalaciones comerciales,

utilería y escenografía. En mobiliario se utiliza para partes de muebles, y para revestimiento posterior. Marca: Faplac. Información técnica proporcionada por el fabricante (<http://www.faplac.com>).

3. Tablero de aglomerado de madera con revestimientos de melamina: Es similar al número 2, pero está recubierto en ambas caras con láminas decorativas de melamina, por lo que su superficie es totalmente cerrada, no porosa, impermeable, y resistente al desgaste. No necesita otro acabado. Se puede utilizar en todo tipo de mobiliario de oficina, salas de estar, dormitorios, cocinas y baños, hospitales e instalaciones comerciales. También ofrece terminaciones perfectas para el revestimiento de paredes, tabiques y techos. Marca: Masisa. Información técnica proporcionada por el fabricante (<http://www.masisa.com>).

4. Tablero de MDF (fibra de densidad media) sin revestimientos: Se trata de una placa elaborada con fibras de madera de pino radiata ligadas con la resina urea-formaldehído. Las fibras de madera se obtienen mediante un proceso termo-mecánica, y se unen con un adhesivo que polimeriza por las altas presiones y temperaturas. Aplicaciones: para muebles y molduras. Es fácil de pintar, permite excelentes acabados, con un ahorro significativo en pintura y en herramientas. Es recomendable para molduras. Marca: Masisa. Información técnica proporcionada por el fabricante (<http://www.masisa.com>).

5. Tablero de MDF con revestimientos de melamina: Esta placa es similar al número 3, pero está recubierta en ambas caras con láminas decorativas de melamina. Su superficie no permite el crecimiento de microorganismos, lo que hace la hace ideal para ambientes asépticos. Resiste el calor y el uso de líquidos para la limpieza. No necesita otro acabado. Marca: Masisa. Información técnica proporcionada por el fabricante (<http://www.masisa.com>).

6. Tablero de OSB (Oriented Strand Board):. Está fabricado con tiras de madera orientadas perpendicularmente entre sí en capas alternadas, lo que aumenta su resistencia mecánica y rigidez. Estas tiras están ligadas con resinas bajo temperatura y presión. Aplicaciones: para entresijos, refuerzos laterales, pisos, escaleras, vigas T, plataformas, divisorios entre ambientes, muebles. Marca: Masisa. Información técnica proporcionada por el fabricante (<http://www.masisa.com>).

7. Tablero fenólico: Se fabrica con partículas de madera aglomeradas con resinas fenólicas. La temperatura de prensado es de 130 ° C. La presión supera los 15 Kg / cm. Esta placa es resistente a la humedad, agua, ácidos, soluciones alcalinas y solventes. Aplicaciones: construcción en general, pisos, cercas, embalajes, altillos, etc. Marca: Troya. Información técnica proporcionada por el fabricante (<http://www.maderwilonline.com.ar>).

8. Tablero terciado: Se fabrica superponiendo láminas de madera texturada alternando la dirección de las fibras, pegadas entre sí. Esta disposición alternativa de las fibras en ángulo recto es lo que da una gran estabilidad dimensional, y una resistencia mayor a la deformación. Sus usos principales son para carpintería en interiores, fondos de muebles y cajones, marquetería, artesanía, y paredes interiores decorativas de gabinetes. Marca: Faplac. Información técnica proporcionada por el fabricante (<http://www.faplac.com>).

Gráfico 1- Comparación entre paneles – Densidad.

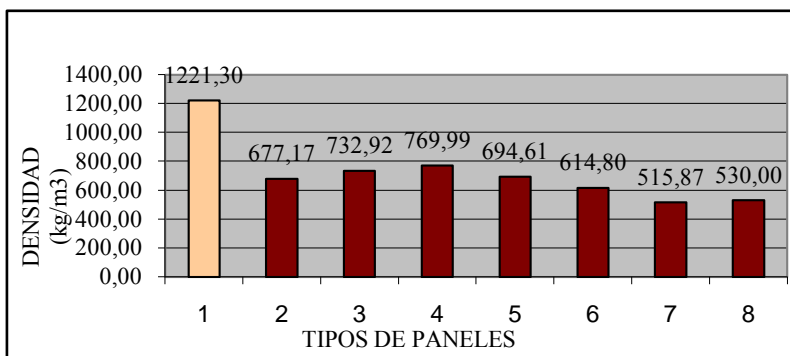


Gráfico 2- Comparación entre paneles – % Absorción de agua.

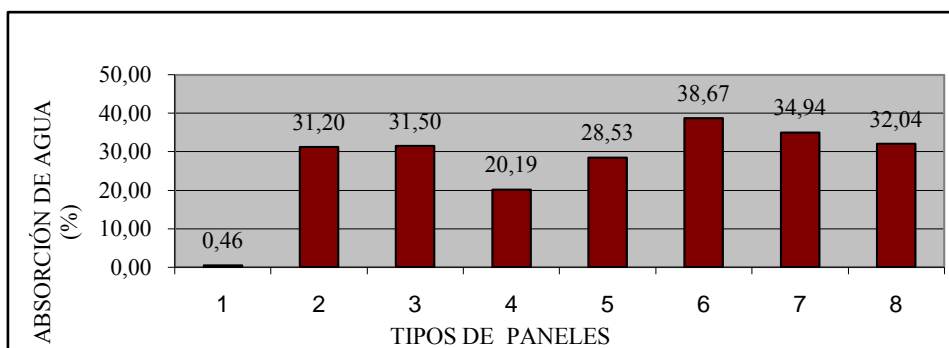


Gráfico 3- Comparación entre paneles – % Hinchamiento.

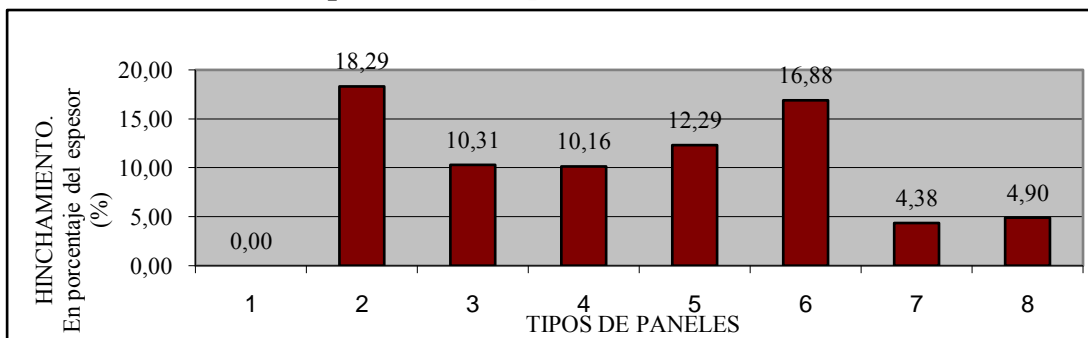
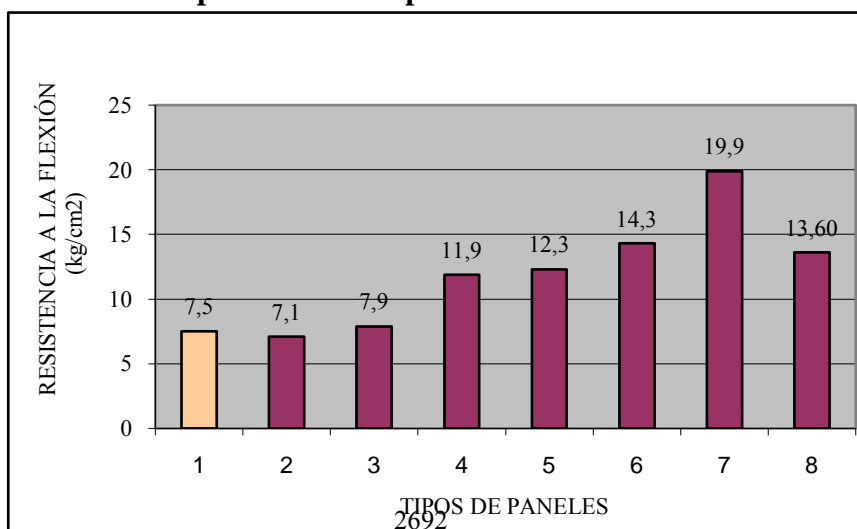


Gráfico 4- Comparación entre paneles – Resistencia a la flexión.



POSIBLES APLICACIONES

Se fabricó un modelo de mueble para bajo mesada de baño con estos tableros (Figura 8), para ser evaluado su comportamiento en condiciones de humedad. Con este modelo se pudo determinar que es muy fácil el cortado y atornillado de los paneles para la fabricación de un mueble. Se utilizó sierra eléctrica para los cortes. Se ensayó el encastre entre placas mediante sistema de macho - hembra, no habiendo dificultad en el ensamble de las placas. Asimismo, se ensayó la adherencia de cantos de plástico en los bordes, de tipo convencional. No hubo desgranamientos del material en los agujeros previstos para los tornillos de fijación de las bisagras y planchuelas.

Figura 8- Mueble fabricado con los paneles de plástico reciclado.



3 CONCLUSIONES

En relación a objetivos técnicos:

- El material ensayado es apto para su utilización en paneles y revestimientos para paredes, y para tablas y tableros para mobiliario, por las propiedades técnicas estudiadas.
- Sus cualidades principales son: que no se hinchan sumergidos en agua. Posee menor absorción de agua, con respecto a productos tradicionales conocidos en el mercado elaborados con virutas de madera aglomerada.
- La resistencia a la flexión es similar a la un aglomerado convencional de virutas de madera sin revestimientos.
- La densidad es mayor a la de los tableros tradicionales.
- La resistencia a los rayos ultravioleta es baja, por lo que se descarta su uso para exterior.

En relación a objetivos ecológicos:

- Los componentes obtenidos tienen ventajas con respecto a otros tradicionales, por reducir la cantidad de residuos plásticos que producen contaminación, en lugar de utilizar recursos naturales.

REFERENCIAS

ADHIKARY K., PANG S., STAIGHER M. **Dimensional stability and mechanical behaviour of wood-plastic composites based on recycled and virgin high-density polyethylene (HDPE)**. Composites: Part B 39.p.807. 2008.

ASHORI A., NOURBAKHSH A. **Characteristics of wood plastic composites made of recycled materials**. Waste Management. 29. p.1291. 2009.

CUI Y., LEE S., NORUZIAAN B., CHEUNG M., TAO J. **Fabrication and interfacial modification of wood/recycled plastic composite materials.** Composites: Part A. 39. p. 655. 2008.

CHEUNG M., TAO J., **Natural fibre-reinforced composites for bioengineering and environmental engineering applications.** COMPOSITES: PART A. 39. P.655. 2008.

DEIVA L. **Plan Argentina Innovadora 2020 - Reciclado de distintas corrientes de residuos.** Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, Buenos Aires, Argentina, pp-, 2013.

GAGGINO, R. **Water-resistant panels made from recycled plastics and resin.** Construction and Building Materials. 35. p. 468. 2012.

GOBIERNO DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES Area de Coordinación Ecológica Metropolitana Sociedad del Estado. **CEAMSE Periodicos.** Buenos Aires, Argentina, p.10, 2010.

GOBIERNO DE MEXICO. Programa Mexico limpio. **Cuánto tiempo tarda la naturaleza en transformarse.** Mexico D.F. 17 de Septiembre, p. 3, 2004.

HAFTKHANI A., EBRAHIMI G., TAJVIDI M., LAYEGHI M. **Investigation on with drawal resistance of various screws in face and edge of wood-plastic composite panel.** Mater Des August. 32 (7). p. 4100. 2011.

LEI Y., XU Y. **Rice straw fiber-reinforced high-density polyethylene composite: Effect of fibertype and loading.** Ind. Crops Prod. 28 (1). P 63. 2008.

NOURBAKHS A., KAREGARFARD A., ASHORI A., NOURBAKHS A. **Effects of Particle Size and Coupling Agent Concentration on Mechanical Properties of Particulate-filled Polymer Composites.** Journal of Thermoplastic Composite Materials.23. p. 169. 2010.

SABINO, C. **El proceso de investigación.** Argentina: Lumen Humanitas, 1996.

SEOÁNEZ CALVO M. **Residuos: problemática, descripción, manejo, aprovechamiento y destrucción.** Mundi Prensa. Madrid, España. Pp. 30. 2000.

WANG Y.C., WONG P.M.H., KODUR V., **An experimental study of the mechanical properties of fibre reinforced polymer (FRP) and steel reinforcing bars at elevated temperaturas.** Composite Structures. 80(1). P. 131. 2007.

YAO F., WU Q., CUI Y., LEY S., XU Y., **Rice straw fiber reinforced high density polyethylene composite: Effect of fiber type and loading.** Ind. Crops. Prod. 28 (1). p. 63. 2008.

<http://www.dogma.org.uk/vtt/environment/cases/gaikers.pdf>. accessed 26/09/2013.

<http://www.ecosheet-agri.co.uk/index.php>. accessed 26/09/2013.

http://www.plaspanel.com.au/products_recycled.html. accessed 26/09/2013.

<http://www.kedel.co.uk/> accesed 04/12/2011.

<http://www.faplac.com>. accesed 04/12/2011.

<http://www.masisa.com>. accesed 04/12/2011.

<http://www.maderwilonline.com.ar>. accesed 04/12/2011.